



*Авдюкова Кристина Игоревна,  
магистрант ИСА УрФУ  
Придвижкин Станислав Викторович,  
доктор экономических наук,  
завкафедры ИМС, ИСА УрФУ  
E-mail: kristina.avdiukova@urfu.ru*

## **Энергетическое моделирование зданий для района г. Екатеринбург**

Основная цель использования технологий информационного моделирования зданий состоит в создании комфортной среды для человека. Энергетическое моделирование зданий (Building energy modeling – BEM) – является составной частью этих технологий и входит в раздел «BIM-Анализ». Методами энергетического моделирования традиционно решают следующие задачи:

- разработка мероприятий по повышению энергоэффективности здания;
- оценка окупаемости энергосберегающих мероприятий;
- выбор наиболее подходящего тарифа на энергоресурс;
- определение эксплуатационной стоимости (годовой стоимости энергоресурсов) здания.

Для такого моделирования в настоящее время используют программы IES Virtual Environment или EcoDesigner Star в среде ArchiCAD. Для выполнения моделирования энергопотребления в модели Autodesk Revit используется надстройка Energy Analysis. Программа Green Building Studio является основным средством Autodesk для выполнения моделирования энергопотребления для всего здания. С его помощью можно оценивать количество подаваемой и потребляемой электроэнергии по всем помещениям здания.

Широкие возможности для расчёта энергоэффективности здания представляет также программа Multi Comfort Designer. Она учитывает широкий набор параметров здания: строительный объём, этажность, площадь этажа, площадь оконных и дверных проёмов (для каждого из фасадов), поворот относительно сторон света, затенение конструкций, применяемые узлы и детали, системы рекуперации и т. д.

Энергоэффективность проектируемого здания в процентах, в соответствии со стандартами GREEN ZOOM, определяется разницей годового потребления энергоресурсов здания и годового нормативного потребления энергоресурсов, умноженного на 100 процентов. Таким образом, энергоэффективность здания – это процентное снижение годового потребления энергоресурсов при эксплуатации здания (с использованием энергосберегающих решений) по сравнению с нормативными показателями для этого здания. В энергетической модели здания закладывается потребление энергии следующими системами и элементами: внутреннее освещение; наружное освещение; отопление; охлаждение воздуха; насосы; утилизация тепла системой охлаждения; вентиляторы; горячее водоснабжение; бытовое и технологическое оборудование; прочее.

На примере многоэтажного жилого здания в городе Екатеринбург (по ул. Комсомольская, 67) были апробирована методика расчета энергоэффективности. Объект “ЖК Комсомольская 67” получил 46,21% энергоэффективности по стандартам GREEN ZOOM (Табл. 1) и получил максимальные 12 баллов по мероприятию «Оптимизация использования энергоресурсов и достижение максимального повышения энергоэффективности». По данным на конец 2019 года этот жилой комплекс является наиболее энергоэффективным среди объектов г. Екатеринбург (Табл. 2).

Вариант	Энергопотребление, кВт*ч	Энергозатраты на энергоресурсы, руб./год	Эффективность, %		Баллы
			По энергопотреблению	По затратам	
Базовый	4 433 261	9 292 669	-	-	-
Электроэнергия	1 803 880	5 217 130	-	-	-
Тепловая энергия	2 629 380	1 627 016	-	-	-
Проектируемый	2 384 814	5 483 884	46,21	40,99	12
Электроэнергия	1 335 126	3 856 868	25,99	26,07	-
Тепловая энергия	1 049 688	1 627 016	60,08	60,08	-

Таблица 1. Результаты энергетического моделирования

Название объекта	Назначение	Общая площадь, м²	Система сертификации	Стадия сертификации	Энергоэффективность
ЖК Комсомольская, 67	Ж	18410	НС v1.2	Проект	46,21%
ЖК Ольховский парк (оч. 3)	Ж	30003	НС v1.1	Проект	33%
БЦ Палладиум	А	22500	НС v1.1	Реализация	21%
БЦ Президент	А	26500	НС v1.1	Реализация	40%
БЦ Сенат	А	10600	НС v1.1	Реализация	12%
ЖК Патрушихинские пруды	Ж	17166	НС v1.0	Проект	28%

Таблица 2. Сертифицированные объекты GREEN ZOOM в Екатеринбург

Золотой сертификат GREEN ZOOM гарантирует, что в проекте квартала заложены максимально энергоэффективные и водозэффективные технологии, строительство ведется с использованием экологически чистых и сертифицированных материалов, а каждая отдельная квартира будет оснащена необходимыми системами для поддержания комфортного и полезного для здоровья человека микроклимата. На объекте реализуется широкий перечень энергоэффективных решений.

Электроэнергия:

- автоматическое управление освещением мест общего пользования жилого дома с использованием фотореле и реле времени, установленных в щитах автоматического управления освещением и устройств кратковременного включения освещения с выдержкой времени, установленных в светильниках;
- датчики движения с плавным регулированием светового потока светильников рабочего освещения в вестибюле, коридорах и лифтовых холлах;
- система управления освещением входов в здание, имеющим естественное освещение, регулирующая искусственное освещение в зависимости от интенсивности естественного;
- электроотопительные приборы технических помещений, отключаемые при достижении требуемых температурных показателей.

Отопление, вентиляция и кондиционирование:

- нагревательные приборы со встроенными терморегуляторами;
- утилизация тепла вытяжного воздуха квартир;
- эффективное кондиционирующее и насосное оборудование.

Ограждающие конструкции:

- улучшенные теплотехнические характеристики ограждающих и светопрозрачных конструкций.

Сочетание комфортного микроклимата и высокой энергоэффективности обеспечивают соответствие данного объекта принципам устойчивого развития и повышенный комфорт для человека.

На примере проектируемого здания по ул. Мира, 43 в г. Екатеринбург была апробирована методика расчёта института пассивного дома РНРР. В данном случае объектом исследования стала 23-этажная секция ЖК «Проспект Мира». Примененный на объекте комплекс инженерных решений обеспечивает полное обновление воздуха в течение часа и постоянную комфортную температуру. Подающийся в квартиру воздух очищается с помощью многоступенчатой системы фильтрации. Система очистки воды задерживает мельчайшие примеси и обеззараживает её.

Получение сертификата Пассивного здания требует соответствия определенным требованиям, направленным на достижение низкого энергопотребления. РНРР — это документ в формате Excel, разработанный Дармштадтским Институтом Пассивных Зданий и предназначенный для расчета и документирования энергоэффективности зданий при получении сертификата Пассивного здания (Рис. 1). Программой ARCHICAD поддерживаются файлы РНРР версий 7 и 9. Нажатие кнопки Экспорт в РНРР приводит к открытию диалога, который позволяет передать информацию из модели здания в Книгу Excel РНРР для последующей обработки.



Рис. 1. Пример Passive House Planning Package

Требования Пассивных Зданий определяют пороговые значения для ежегодных прямых затрат на отопление и охлаждение (не более 15 киловатт-часов на квадратный метр), ежегодное удельное потребление первичной энергии (не более 120 киловатт-часов на квадратный метр) и среднюю инфильтрацию (максимум 0.6 л/ч).

Функцию Оценки Энергоэффективности, реализованную в ARCHICAD, можно использовать для создания проектов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к Пассивным Зданиям. Однако, для получения официального сертификата Пассивного Здания необходимо утверждение Книги Excel PHPP Институтом Пассивных Зданий.

Вторым объектом исследования стало реконструируемое здание по адресу Библиотечная 45/1. В отличие от предыдущего примера, где был замкнутый утеплённый контур из железобетонных и кирпичных стен, в данном случае ограждающие конструкции решены с использованием сэндвич-панелей.

Энергосберегающие мероприятия:

- Эффективные теплоизоляционные материалы с коэф. теплопроводности 0,031 - 0,041 Вт/(м\*С);
- Двухкамерные стеклопакеты с высоким сопротивлением теплопередаче;

- Автоматическое регулирование теплоотдачи отопительных приборов;
- Автоматическое поддержание постоянного перепада давления в тепловых пунктах.

Степень снижения расхода тепловой энергии за отопительный период здания составляет – 33%. Следовательно, административное здание по энергетической эффективности относится к классу В+ (высокий).

На следующем этапе исследования планируется проведение расчета энергоэффективности с помощью программы EcoDesigner STAR, расширения ArchiCAD, позволяющего использовать все преимущества Информационного Моделирования Зданий (BIM) в процессе Энергетического Моделирования Зданий (BEM). Оно существенно расширяет возможности встроенной функции Оценки Энергоэффективности, впервые появившейся в Archicad 17.

Расширение EcoDesigner STAR позволяет существенно повысить энергоэффективность проектируемых зданий путем преобразования Информационной Модели Здания Archicad (BIM) в набор тепловых зон Энергетической Модели Здания (BEM). Дополнение интегрированной функции Оценки Энергоэффективности возможностями экспорта энергетических моделей EcoDesigner STAR (в форматах gbXML и RHPP) позволяет организовать процесс взаимодействия с инженерами в области энергоэффективности и дает возможность передавать данные из Archicad непосредственно в программы расчетов и проверки соответствия нормативам.

План дальнейшего исследования также содержит следующие пункты:

- анализ существующих методик;
- определение ключевых показателей;
- решение контрольного примера в RHPP;
- решение контрольного примера в связке ArchiCAD + ECO Design Star;
- решение контрольного примера в связке Revit + EnergyPlus;
- использование дополнительного ПО;
- решение контрольного примера по расчёту тепловых мостов в ArchiCAD + HEAT2;

- расчёт тепловых потоков;
- сопоставление полученных результатов;
- доработка шаблона и стандарта АР.

На примере объектов Екатеринбурга можно убедиться в том, что применение BIM-технологий позволяют добиться оптимального использования энергоресурсов, а также достигнуть целей устойчивого развития и улучшить условия жизнедеятельности человека.



*Дегтярев Никита Андреевич,  
магистрант ИСА УрФУ  
Сальников Виктор Борисович,  
к.т.н., доцент каф. ИМС, ИСА УрФУ  
Email: dan897@mail.ru*

### **Оптимизация работы инженера-конструктора: автоматизация сборки ветровой нагрузки с использованием BIM-модели**

Важной особенностью технологий информационного моделирования зданий и сооружений (BIM) является возможность использования на всем протяжении жизненного цикла постройки: от эскизного проектирования до сноса. На каждом этапе технологии BIM дают общеизвестные и понятные преимущества (Рис. 1). На начальных этапах проектирования они позволяют быстро оценить основные параметры объекта. На стадии рабочего проектирования – обеспечивают координацию деятельности разных специалистов, помогают избежать ошибок и значительно упрощают составление сметных расчетов и календарное планирование. На этапе строительства с помощью BIM осуществляется контроль за процессом возведения объекта, а во время эксплуатации, благодаря им может быть автоматизирован контроль за состоянием активов (инженерных систем, несущих и ограждающих конструкций, параметрами микроклимата).

При этом, за счет реализации программных интерфейсов приложений (API) всегда могут быть найдены новые способы